

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-232987

(43)Date of publication of application : 27.08.1999

(51)Int.Cl.

H01H 59/00

(21)Application number : 10-341161

(71)Applicant : TDK CORP

(22)Date of filing : 16.11.1998

(72)Inventor : SHIRAKAWA YUKIHIKO

(30)Priority

Priority number : 09339309

Priority date : 25.11.1997

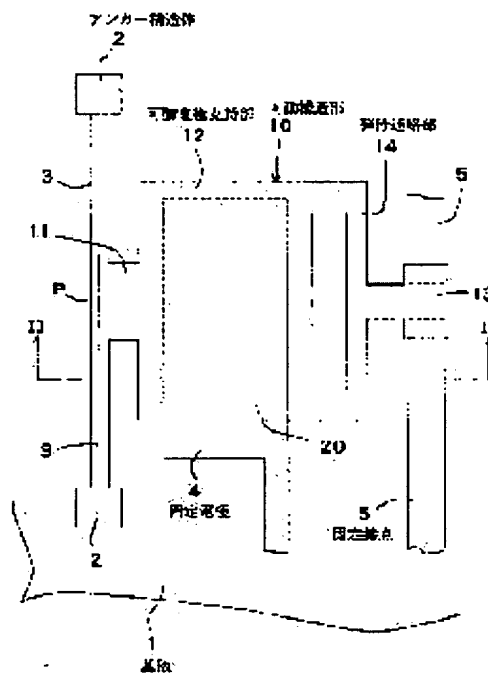
Priority country : JP

## (54) ELECTROSTATIC RELAY

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide an electrostatic relay with superior practical applicability of low drive voltage, low contact resistance, and high contact capacity.

**SOLUTION:** This electrostatic relay comprises a double-supported beam-like twisted elastic part 3 which is held on a substrate 1, while being kept a space from the substrate, a movable structure part 10 made rotatable by the elastic support by the twisted elastic part 3, at least one movable contact arranged in at least one end part of the movable structure part 10, a movable electrode 20 arranged between a rotation fulcrum P of the movable structure part 10 and the movable contact, at least one fixed contact 5 formed facing the opposite to the movable contact on the substrate in the manner the movable contact can be brought into contact with the contact 5, and a fixed electrode 4 formed opposite to the movable electrode 20 on the substrate 1. At least a part of the section between the rotation fulcrum P of the movable structure part 10 and the movable contact is an elastic communication part 14.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-232987

(43) 公開日 平成11年(1999) 8月27日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>  
H 0 1 H 59/00

識別記号

F I  
H 0 1 H 59/00

審査請求 未請求 請求項の数 5 F D (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願平10-341161

(22) 出願日 平成10年(1998)11月16日

(31) 優先権主張番号 特願平9-339309

(32) 優先日 平 9 (1997)11月25日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000003067

ティーディーケー株式会社

東京都中央区日本橋 1 丁目13番 1 号

(72) 発明者 白川 幸彦

東京都中央区日本橋一丁目13番 1 号ティー

ディーケー株式会社内

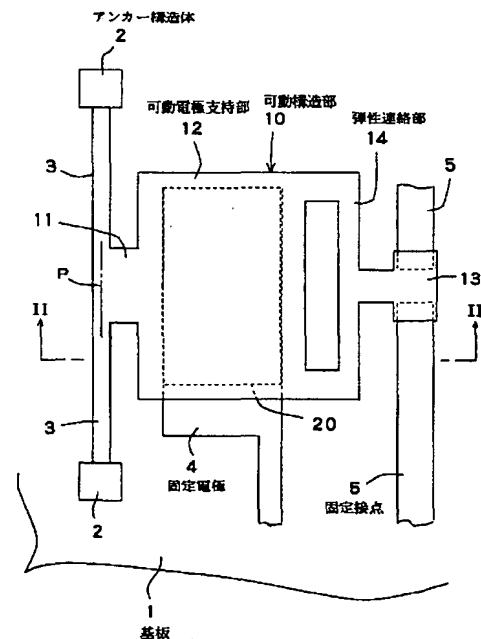
(74) 代理人 弁理士 村井 隆

(54) 【発明の名称】 静電リレー

(57) 【要約】

【課題】 低電圧駆動、低接点抵抗、高接点容量の実用性の高い静電リレーを提供する。

【解決手段】 基板1上に空隙を持って保持された両持ち梁状のねじれ弾性部3と、該ねじれ弾性部3による弾性支持によって回動自在な可動構造部10と、該可動構造部10の少なくとも一方の端部に配置された少なくとも1個の可動接点と、前記可動構造部10の回動支点Pと前記可動接点間に配置された可動電極20と、前記可動接点に接触可能に対向する前記基板上に形成された少なくとも1個の固定接点5と、前記可動電極20に対向する如く前記基板上に形成された固定電極4とを備えており、さらに前記可動構造部10の回動支点Pと前記可動接点間の少なくとも一部が弾性連絡部14となっている。



3:ねじれ弾性部、13:可動接点支持部

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板と、該基板上に空隙を持って保持された両持ち梁状のねじれ弾性部と、該ねじれ弾性部による弾性支持によって回動自在な可動構造部と、該可動構造部の少なくとも一方の端部に配置された少なくとも1個の可動接点と、前記可動構造部の回動支点と前記可動接点間に配置された可動電極と、前記可動接点に接触可能に対向する前記基板上に形成された少なくとも1個の固定接点と、前記可動電極に対向する如く前記基板上に形成された固定電極とを備えた静電リレーにおいて、前記可動構造部の回動支点と前記可動接点間の少なくとも一部が弾性連絡部となっていることを特徴とする静電リレー。

【請求項2】 前記弾性連絡部が、前記可動構造部における前記可動電極と前記可動接点間にあり、前記可動電極と前記固定電極間への電圧印加時に、弾性変形により前記可動接点と前記固定接点とを平行状態で接触可能に構成した請求項1記載の静電リレー。

【請求項3】 前記弾性連絡部が、前記可動構造部における前記回動支点と前記可動電極間にあり、前記可動電極と前記固定電極間への電圧印加時に、弾性変形により前記可動電極が前記固定電極に対して平行乃至平行に近い近接状態に吸引されるように構成した請求項1又は2記載の静電リレー。

【請求項4】 前記可動電極と前記固定電極間に誘電体層が介在している請求項1、2又は3記載の静電リレー。

【請求項5】 前記可動構造部が前記両持ち梁状のねじれ弾性部の両側に延長しており、前記回動支点に対して少なくとも一方の側に前記可動接点が、両側に前記可動電極がそれぞれ配置されるとともに、両側の前記可動電極にそれぞれ対向する如く前記基板上に前記固定電極が形成されている請求項1、2、3又は4記載の静電リレー。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、静電引力を利用する静電アクチュエーターを、駆動源として用いた静電リレーに関する。

## 【0002】

【従来の技術】静電リレーは、従来の電磁石を利用した電磁式リレーと異なり、静電引力を駆動力として接点の開閉を行うリレーであり、電磁力を発生するためのコイルが不要で機械部品が少なく、小型化が可能であること、及び本質的にコンデンサーである静電アクチュエーターを駆動源として用いるため、低消費電力であるという特徴があり、実用化に向けて研究が進められている。

【0003】このような、静電リレーとしては、例えば特開平2-100224号公報にあるように、単結晶Siを選択エッチングによりトーションバー弾性体とそれ

に接続されたシーソー状構造体とを形成し、その構造体に静電アクチュエーターの可動電極部とリレーの可動接点とを形成して、それぞれに対向する位置に固定電極と固定接点とを設けた電気絶縁性基板上にスペーサーを介して配置したものがある。

【0004】この静電リレーは、動作時に固定電極と可動電極間に電圧を印加することにより、トーションバー弾性体のねじれによって、電圧が印加された側のシーソー状構造体が回転運動を行い可動接点を固定接点に接触させるものである。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】この静電リレーでは、可動接点が、シーソー状構造体の端部に設けられているため、接触時に、可動接点が固定接点に対し傾斜状態で接触するため十分な接触面積が得られず、接点抵抗が高くなる。また、可動接点を設ける構造体の位置を適切に選ばないと構造体が可動接点と同時に接触してしまうため、接点間の圧力が不十分になる可能性がある。

【0006】さらに、このような構成の静電リレーは、固定電極に対向する可動電極が、トーションバー弾性体により空隙を介して保持されたシーソー状構造体の可動接点位置よりも回動支点寄りに形成されるため、可動接点が固定接点に接触し、シーソー状構造体の回転運動が停止した時点で、固定電極と可動電極との間に楔状のエアギャップが生じる。

【0007】ところが静電引力は電極間隔の逆自乗に比例する。従って、静電アクチュエーターは吸引動作時でもこのエアギャップのため静電引力が小さくなってしまふ。このため接点に十分な圧力がかからないので接点抵抗を十分小さくすることができず、またこれを克服するために動作電圧を高くすることは静電リレーの実用性を著しく妨げることになる。

【0008】本発明は、上記の点に鑑み、低電圧駆動、低接点抵抗、高接点容量の実用性の高い静電リレーを提供することを目的とする。

【0009】本発明のその他の目的や新規な特徴は後述の実施の形態において明らかにする。

## 【0010】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明の静電リレーは、基板と、該基板上に空隙を持って保持された両持ち梁状のねじれ弾性部と、該ねじれ弾性部による弾性支持によって回動自在な可動構造部と、該可動構造部の少なくとも一方の端部に配置された少なくとも1個の可動接点と、前記可動構造部の回動支点と前記可動接点間に配置された可動電極と、前記可動接点に接触可能に対向する前記基板上に形成された少なくとも1個の固定接点と、前記可動電極に対向する如く前記基板上に形成された固定電極とを備えた構成において、前記可動構造部の回動支点と前記可動接点間の少なくとも一部が弾性連絡部となっていることを特徴として

いる。

【0011】また、前記静電リレーにおいて、前記弾性連絡部が、前記可動構造部における前記可動電極と前記可動接点間にあり、前記可動電極と前記固定電極間への電圧印加時に、弾性変形により前記可動接点と前記固定接点とを平行状態で接触可能に構成するとよい。

【0012】さらに、前記弾性連絡部が、前記可動構造部における前記回動支点と前記可動電極間にあり、前記可動電極と前記固定電極間への電圧印加時に、弾性変形により前記可動電極が前記固定電極に対して平行乃至平行に近い近接状態に吸引されるように構成するとよい。

【0013】なお、前記可動電極と前記固定電極間に誘電体層が介在していてもよい。

【0014】また、前記可動構造部が前記両持ち梁状のねじれ弾性部の両側に延長しており、前記回動支点に対して少なくとも一方の側に前記可動接点があり、両側に前記可動電極がそれぞれ配置されるとともに、両側の前記可動電極にそれぞれ対向する如く前記基板上に前記固定電極が形成された構成としてもよい。

【0015】

【発明の実施の形態】以下、本発明に係る静電リレーの実施の形態を図面に従って説明する。

【0016】図1乃至図4は本発明に係る静電リレーの第1の実施の形態を示す。これらの図において、静電リレーは、絶縁性基板1と、基板1上に立設、固定されたアンカー構造体2と、アンカー構造体2で基板1から空隙を持って保持された両持ち梁状のねじれ弾性部3と、ねじれ弾性部3による弾性支持によって回動自在なリレー構造体をなす可動構造部10とを具備している。前記絶縁性基板1は少なくとも表面が絶縁処理されているもので、例えば表面にSiO<sub>2</sub>絶縁層を設けた単結晶Si基板等である。アンカー構造体2、両持ち梁状のねじれ弾性部3、可動構造部10の3者は多結晶Si等により一体に形成されている。

【0017】リレー構造体を構成する可動構造部10は、前記両持ち梁状のねじれ弾性部3に接続する両持ち梁接続部11、可動電極支持部12、可動接点支持部13、及び可動電極支持部12と可動接点支持部13とを接続する弾性連絡部14から構成されており、弾性連絡部14は両持ち梁状に形成され、そのねじれにより可動接点支持部13が回動動作可能になっている。

【0018】リレー構造体としての可動構造部10の基板対向面側には、図2乃至図4の如くそれぞれ可動電極20及びこの表面を被覆した絶縁層（誘電体層）21、可動接点22が形成、配置され、これらに対向する基板上に固定電極4及び固定接点5が形成、配置されている。絶縁性基板1上に固定された固定電極4と可動電極支持部12に固定された可動電極20とは両者間に印加された電圧により静電引力を発生する静電アクチュエーターを構成する部分であり、固定電極4と可動電極20

とは図示しない配線により外部電源に接続される。

【0019】次に、第1の実施の形態で示した静電リレーの動作原理を説明する。図2は非動作状態（電圧を印加しない状態）での各電極及び各接点の位置を示し、接点5、22間は開いている。静電アクチュエーターを構成する固定電極4と可動電極20間に電圧を印加すれば、両電極間には静電引力が発生し、図3のようにリレー構造体としての可動構造部10は、両持ち梁状のねじれ弾性部3のねじれ弾性変形により可動接点22が固定接点5に接触するまで、基板側に回転運動する。この回動支点は図1の線Pの位置である。

【0020】従来の静電リレーでは、この時点でリレー構造体の動作が停止する。このとき図3から明らかなように可動接点22と固定接点5は点接触状態であり、十分な接触面積が得られず、接点抵抗が高くなってしまふ。また、接触点が小さく、抵抗が高いため、通過電流が集中して接点温度上昇を招き、接点の溶着等の故障が発生しやすくなる。更にまた静電アクチュエーターの固定電極4と可動電極20の間隔が広いと十分な静電引力を発生することができず、接点圧力が十分とれない。このことは接点抵抗の上昇を招く。接点圧力を上げるためには更に高い電圧を印加せねばならず、静電リレーの動作電圧が高くなって実用性に欠けてしまふ。

【0021】しかしながら、本実施の形態の静電リレーでは、更にこの時点から、静電アクチュエーターの吸引力により弾性連絡部14が変形され、ついには図4に示すように可動接点22が固定接点5に対し平行になるように変形する。図4から明らかなように、この時で接点5、22は平行状態で面接触し、図1のように一対の固定接点5が可動接点22で短絡され十分低い接点抵抗と十分大きな接点電流容量を得ることができる。更に、静電アクチュエーターの電極4、20間の距離は図3の状態と比較して著しく近接させることができる。つまり、静電アクチュエーターの静電引力は電極間隔の自乗に逆比例するため、動作電圧が低くとも接点に十分な圧力を加えることができ、低い接点抵抗と低動作電圧という従来の静電リレーでは困難であった特性が達成できる。

【0022】なお、電極4、20間の電圧を零にすれば、弾性部3のねじれ弾性変形が元の状態に戻り、可動構造部10は図2の非動作状態に復帰する。

【0023】この第1の実施の形態によれば、次の通りの効果を得ることができる。

【0024】(1) 弾性連絡部14が、リレー構造体を構成する可動構造部10における可動電極20と可動接点22間に位置し、固定電極4と可動電極20間への電圧印加時に、ねじれ弾性変形により固定接点5と可動接点22とを平行状態で接触可能に構成したので、接点5、22を面接触させて、十分低い接点抵抗と十分大きな接点電流容量を得ることができる。

【0025】(2) 静電アクチュエーターの電極4、2

0間の距離は従来構造の場合の限界であった図3の状態と比較して著しく近接させることができ、静電引力を大きくして動作電圧が低くとも接点に十分な圧力を加えることができ、低動作電圧で作動可能な静電リレーを実現できる。

【0026】(3) 可動電極20を絶縁層21で覆っており、電極4、20が直接接触する短絡事故を確実に防止できる。なお、可動電極20と固定電極4間に絶縁層21が介在しても、絶縁層21は空気に比べて誘電率の高い誘電体であり、絶縁層21の存在による静電引力の低下は考えなくてよい(無視できる)。

【0027】なお、第1の実施の形態では、弾性連絡部14として、両持ち梁のねじれ弾性を用いる構造を示したが、弾性連絡部の構成は、これに限るものではなく、静電リレー動作電圧印加時に弾性変形により前記可動接点と前記固定接点を平行に接触させ得るように配置され、前記固定電極と可動電極間に発生する静電引力にて前記両接点が平行に接触するに至る変形が可能な弾性率を持てばよく、例えば可動電極支持部12から引き出された片持ち梁形状等をとっても同様の効果が得られる。

【0028】図5乃至図8は本発明の第2の実施の形態を示す。これらの図において、リレー構造体を構成する可動構造部30は、絶縁性基板1からアンカー構造体2を介して両持ち梁状のねじれ弾性部3によって基板1から空隙を持って保持される。可動構造部30は、可動電極支持部32、可動接点支持部33、及び両持ち梁状のねじれ弾性部3と可動電極支持部32とを所定の長さで接続する弾性連絡部34から構成されており、弾性連絡部34は、可動電極支持部32より細く複数の帯状に形成され、上下面に垂直な方向への弾性変形(撓みによる変形)により可動電極支持部32と可動接点支持部33が変移可能になっている。

【0029】リレー構造体としての可動構造部30の基板対向面側には、図6乃至図8の如くそれぞれ可動電極20及び可動接点22が形成、配置され、これらに対向する基板上に固定電極4及びこの表面を被覆した絶縁層(誘電体層)6、固定接点5が形成、配置されている。絶縁性基板1上に固定された固定電極4と可動電極支持部32に固定された可動電極20とは両者間に印加された電圧により静電引力を発生する静電アクチュエーターを構成する部分である。

【0030】なお、その他の構成は前述した第1の実施の形態と同様である。

【0031】次に、第2の実施の形態で示した静電リレーの動作原理を説明する。図6は非動作状態(電圧を印加しない状態)での各電極及び各接点の位置を示し、接点5、22間は開いている。静電アクチュエーターを構成する固定電極4と可動電極20間に電圧を印加すれば、両電極間には静電引力が発生し、図7のようにリレー構造体としての可動構造部30は、両持ち梁状のねじ

れ弾性部3のねじれ弾性により可動接点22が固定接点5に接触するまで、基板側に回転運動する。

【0032】従来の静電リレーでは、この時点でリレー構造体の動作が停止するため、第1の実施の形態の動作説明にて述べた如く、接点接触面積の不足、接点圧力の不足、高い動作電圧等の問題点が生じる。

【0033】しかしながら、本実施の形態の静電リレーでは、更にこの時点から、静電アクチュエーターの吸引力により所定の長さを持つ弾性連絡部34が撓んで変形され、ついには図8に示すように、可動電極20と固定電極4とが平行乃至平行に近い状態になり、更に可動接点22と固定接点5も平行状態になるように変形する。図8から明らかなように、この時接点5、22は平行状態で面接触し、十分低い接点抵抗と大きな接点電流容量を得ることができる。更に、静電アクチュエーターの電極4、20間の距離は図7の状態と比較して、絶縁層6を介してほぼ接触に至るまで近接させることができ、極めて強い静電引力を発生することができる。従って、低い動作電圧でも接点に十分な圧力を加えることができ、低い接点抵抗と低動作電圧という従来の静電リレーでは困難であった特性が容易に達成できる。

【0034】このように、第2の実施の形態によれば、撓み変形可能な所定長の弾性連絡部34が、リレー構造体をなす可動構造部30における回動支点P(両持ち梁状のねじれ弾性部3のねじれ中心)と可動電極20間に位置しており、固定電極4と可動電極20間への電圧印加時に、弾性変形により可動電極20が固定電極4に対して平行乃至平行に近い近接状態に吸引されるように構成でき、静電引力を大きくできるとともに、接点5、22を面接触させて、十分低い接点抵抗と十分大きな接点電流容量を得ることを可能とし、さらには低動作電圧の静電リレーを実現できる。

【0035】なお、第2の実施の形態では、弾性連絡部34として、可動構造部30の細く形成された所定長部分の基板に対する垂直方向への弾性変形を用いる構造を示したが、弾性連絡部の構成は、これに限るものではなく、静電リレー動作電圧印加時に弾性変形により可動電極と固定電極とが平行になり得るように配置され、前記固定電極と可動電極間に発生する静電引力にて両電極が平行乃至平行に近い状態に至る変形が可能な弾性率を持てばよく、例えば図1で示した弾性連絡部14のような、両持ち梁のねじれ回転を用いても同様の効果が得られる。

【0036】図9乃至図11は本発明の第3の実施の形態であり、弾性連絡部が、リレー構造体を構成する可動構造部における可動電極と可動接点間に設けられているとともに、可動構造部の回動支点(両持ち梁状のねじれ弾性部のねじれ中心)と可動電極間にも設けられている場合を示す。これらの図において、リレー構造体を構成する可動構造部40は、絶縁性基板1からアンカー構造

体2を介して両持ち梁状のねじれ弾性部3によって基板1から空隙を持って保持される。可動構造部40は、所定長の両持ち梁接続部41、可動電極支持部42、可動接点支持部43、両持ち梁接続部41の先端部と可動電極支持部42とを接続する第1の弾性連絡部44、及び可動電極支持部42と可動接点支持部43とを接続する第2の弾性連絡部45から構成されている。第1及び第2の弾性連絡部44、45は、両持ち梁状のねじれ弾性部であり、両持ち梁接続部41の先端側に対して可動電極支持部42が第1の弾性連絡部44により回動自在に、可動電極支持部42の先端側に対して可動接点支持部43が第2の弾性連絡部45により回動自在にそれぞれ支持されている。

【0037】なお、その他の構成は前述した第1の実施の形態と同様であり、同一又は相当部分に同一符号を付して説明を省略する。

【0038】図10及び図11に第3の実施の形態に係る静電リレーの動作状況を示す。図10は非動作状態（電圧を印加しない状態）での各電極及び各接点の位置を示す。静電アクチュエーターを構成する固定電極4と可動電極20間に電圧を印加すれば、両電極間には静電引力が発生し、図11のようにリレー構造体としての可動構造部40は、両持ち梁状のねじれ弾性部3のねじれ弾性変形により可動接点22を固定接点5に接触させ、さらに第1及び第2の弾性連絡部44、45のねじれ弾性変形により可動接点22と固定接点5を平行に密着させた状態に至るまで、基板側に回転運動する。

【0039】この図11から明らかなように、この第3の実施の形態を取った場合、ねじれ弾性部である第1及び第2の弾性連絡部44、45の弾性率を適切に選ぶことにより、可動接点22と固定接点5とを平行に密着させた上で、静電アクチュエーターの可動電極20と固定電極4をほぼ平行に保ちながら、かつエアギャップを持って対向させることが可能になる。このことは、例えば、図3に示したような楔形エアギャップを持った場合より更に強い静電引力を得ることができると同時に、可動電極20と固定電極4の接触を完全に避けることが可能になる。従って、静電アクチュエーターを構成するための可動電極20又は固定電極4上に形成される絶縁層が不要、もしくは絶縁耐圧を低くすることができるとともに、アクチュエーター電極間の不用意な接触による固着等の問題を避けることが可能となる。

【0040】図12及び図13は本発明の第4の実施の形態であり、リレー構造体を、基板から該リレー構造体を回転支持する両持ち梁状のねじれ弾性部の両側に延長し、該両持ち梁状のねじれ弾性部に対して対称形状に配置した例を示す。すなわち、第4の実施の形態に係る静電リレーは、絶縁性基板1と、基板1上に立設、固定されたアンカー構造体2と、アンカー構造体2で基板1から空隙を持って保持された両持ち梁状のねじれ弾性部3

と、ねじれ弾性部3による弾性支持によって回動自在なように両側に対称配置されたリレー構造体をなす可動構造部10A、10Bとを具備している。各可動構造部10A、10Bの電極及び接点構成等は、前述した第1の実施の形態と同様であるので、同一又は相当部分に同一符号を付して詳細は省略する。

【0041】この第4の実施の形態の構成を取れば、静電リレー動作時に左右の静電アクチュエーターの電極4、20間に図14に示すような反転出力電圧を与えることにより、一方のリレー接点5、22のオフ（OFF）動作時に、当該接点の引き離し作用が両持ち梁状のねじれ弾性部3の弾性による復帰運動のみによらず、反対側静電アクチュエーターの静電引力を用いることが可能になり、確実なリレー接点のオフ動作が可能になる。

【0042】また、この時、左右の固定接点の一方の極を図12に図示の如く共通に接続すれば、図15に示すように切り替えスイッチを容易に構成することが可能である。

【0043】さらに、可動構造部10A、10Bのいずれか一方の可動接点22及びこれに対向する基板側の固定接点5の組を省略して、オフ動作の確実性を向上させた構成とすることもできる。

【0044】なお、今まで説明した各実施の形態では静電アクチュエーターの一方の電極となる可動電極をリレー構造体（可動構造部）の基板面側に形成した例を示したが、同電極位置はこれに限らず、実質的に固定電極と可動電極間に静電引力を発生させ得ればよく、例えば静電アクチュエーターの構造体、つまりリレー構造体が高誘電率の絶縁体や高抵抗体であれば、可動電極位置をリレー構造体の基板面側の反対面に配置してもよく、また、前記構造体自体を導電性部材で構成すれば、当該構造体自体を可動電極とすることも可能である。

【0045】また、リレー構造体（可動構造部）の端部に配置される可動接点22は1個に限らず、複数個配置される場合もある。

【0046】

【実施例】次に本発明を実施例により具体的に説明する。

【0047】図16及び図17は本実施例で形成した静電リレーの平面図及び側面図である。本実施例では、まず、図18（A）のように熱酸化法により厚さ約1 $\mu$ mのSiO<sub>2</sub>絶縁層51aを形成した単結晶Si板51を基板とし、厚さ500nm程度のAuをスパッタ法により基板全面に形成し、次にフォトリソ法を用い、静電アクチュエーターの固定電極54とリレーの固定接点55をそれぞれパターニングした。次に反応性スパッタ法により、基板全面に約100nmのSiN絶縁層を形成し、同じくフォトリソ法により静電アクチュエーターの固定電極54上を残して同絶縁層を選択除去し、絶縁層56とした。

【0048】次に、図18(B)のように減圧CVD法を用い、基板全面に犠牲層81となる $\text{SiO}_2$ 膜を約3 $\mu\text{m}$ 程度堆積した。それから可動接点72に相当する位置の $\text{SiO}_2$ 膜をRIE法により約500nm掘り下げ、更に基板全面に約500nmのAu膜を約20nmの $\text{SiN}$ 反応防止層とともに形成し、所定の形状にフォトリソでパターンニングして静電アクチュエーターの可動電極70及びリレーの可動接点72を形成した。さらにこの後、犠牲層81の $\text{SiO}_2$ 膜のアンカー構造体52に相当する部分82をフォトリソを用いて選択除去する。

【0049】最後に減圧CVD法を用い、図18(C)のように基板全面に多結晶 $\text{Si}$ 膜83を約4 $\mu\text{m}$ 形成し、以下に述べるリレー構造体となる可動構造部の形状にRIE法によりパターンニングした。

【0050】この後、犠牲層81の $\text{SiO}_2$ 膜をHFにより選択エッチングし、図16及び図17に示したリレー構造体となる可動構造部60をリリースして形成した。

【0051】両持ち梁状のねじれ弾性部53はアンカー構造体52からの長さaが約100 $\mu\text{m}$ 、幅約6 $\mu\text{m}$ 程度である。また、リレー構造体を構成する可動構造部60は、長さbが約100 $\mu\text{m}$ の両持ち梁接続部61、幅c及び長さdがそれぞれ約200 $\mu\text{m}$ の可動電極支持部62、幅約6 $\mu\text{m}$ 、長さeが約50 $\mu\text{m}$ の両持ち梁状のねじれ弾性連絡部64、及び長さfが約50 $\mu\text{m}$ の可動接点支持部63から構成され、可動構造部60全体が両持ち梁状のねじれ弾性部53のねじれ弾性により回転可動であると同時に、可動接点支持部63が両持ち梁状の弾性連絡部64のねじれ弾性により回転可動構造となる。

【0052】本実施例に係る静電リレーは、静電アクチュエーターを構成する電極54、70間に約20V弱の動作電圧を印加することにより、接点55、72が閉じ、この時の接点抵抗は約0.2 $\Omega$ で、接点電流100mA以上を流すことが可能であった。この値は小信号用リレーとして、十分実用可能な特性であり、犠牲層となる $\text{SiO}_2$ 膜の膜厚を小さくすることや、静電アクチュエーター電極面積の拡大、等の形状寸法変更により、さらに低電圧動作とすることも可能である。

【0053】比較例として、同様の構造で可動接点支持部を弾性支持する弾性連絡部を持たない従来構造を作成し、評価した結果、同じく動作電圧は約20V弱ではあるが、接点抵抗は5~10 $\Omega$ 以上の高い値を示し、1 $\Omega$ 以下の接点抵抗に下げするためには50V以上の動作電圧が必要であった。更に接点電流を数mA流したところ、接点が溶着し、オフ動作が不可能になった。

【0054】以上からも明らかなように、本発明の静電リレー構造を用いれば、従来不可能であった、低電圧駆動、低接点抵抗、高接点容量の実用性の高い静電リレー

が容易に構成可能である。

【0055】なお、本実施例では、薄膜形成技術を用いてリレー構造体となる可動構造部を形成した例を示したが、本発明の静電リレーの構成方法はこれに限るものではなく、例えば可動構造部として単結晶 $\text{Si}$ 基板に可動接点と可動電極を形成して、異方性エッチング等の技術を用いて所定の構造に形成後、同じく固定接点と固定電極を形成した絶縁基板上にスペーサーを介して貼り付けても良い。このような場合でも、従来の構造と比較して、容易に低電圧駆動、高接点容量の特性を得ることが可能である。

【0056】また、リレー構造体となる可動構造部として、表面に絶縁加工をした金属薄板を用いることも可能である。このような方法で形成された静電リレーは、薄膜形成技術を用いた静電リレーと比較して、より大きな接点電流を流す用途に適用可能である。

【0057】以上本発明の実施の形態及び実施例について説明してきたが、本発明はこれに限定されることなく請求項の記載の範囲内において各種の変形、変更が可能なのは当業者には自明であろう。

【0058】

【発明の効果】以上説明したように、本発明に係る静電リレーによれば、従来の静電リレーが問題として抱えていた、接点同士の点接触とそれによる接点電流容量不足、接点抵抗上昇等の問題を解決し、接点同士の面接触させることが可能になり、大きな接点容量と低い接点抵抗を達成可能である。

【0059】更に従来、静電アクチュエーターを構成する電極間の距離が、動作時に十分近接できないために生じていた、接点圧力不十分とそれによる接点抵抗上昇、またこれを克服するために動作電圧が高くなってしまいう問題点も、本発明の構成を用いれば、前記電極間距離を従来と比較して著しく接近させることが可能であるため、十分な接点圧力とそれによる低い接点抵抗を、従来より低い動作電圧で達成することが可能になる。

【0060】これらのリレー特性の著しい改善により、本発明は従来の静電リレーと比較して、極めて実用性が高い静電リレーを構成することが可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る静電リレーの第1の実施の形態を示す平面図である。

【図2】図1のII-II側断面図である。

【図3】第1の実施の形態において接点オン動作途中の状態を示す側断面図である。

【図4】第1の実施の形態において接点オン動作完了状態を示す側断面図である。

【図5】本発明の第2の実施の形態を示す平面図である。

【図6】図5のVI-VI側断面図である。

【図7】第2の実施の形態において接点オン動作途中の

状態を示す側断面図である。

【図8】第2の実施の形態において接点オン動作完了状態を示す側断面図である。

【図9】本発明の第3の実施の形態を示す平面図である。

【図10】図9のX-X側断面図である。

【図11】第3の実施の形態において接点オン動作完了状態を示す側断面図である。

【図12】本発明の第4の実施の形態を示す平面図である。

【図13】図12のXIII-XIII側断面図である。

【図14】第4の実施の形態において一対の静電アクチュエーターの電極間に印加する電圧波形を示す波形図である。

【図15】第4の実施の形態において切り替えスイッチを構成した場合の回路図である。

【図16】本発明の実施例を示す平面図である。

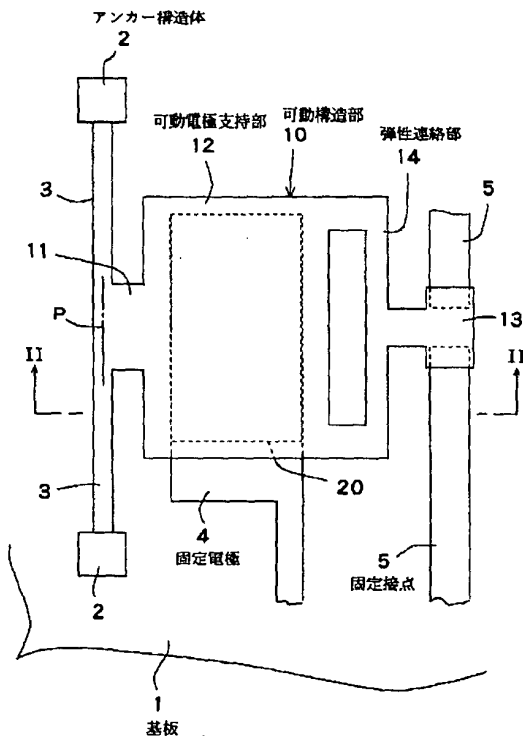
【図17】図16のXVII-XVII側断面図である。

【図18】本発明の実施例に係る静電リレーの製造過程を示す説明図である。

【符号の説明】

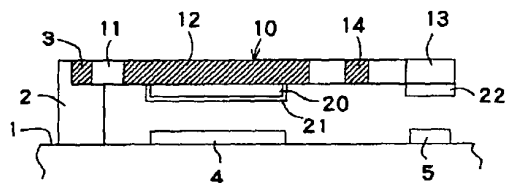
- 1 基板
- 2, 52 アンカー構造体
- 3, 53 両持ち梁状のねじれ弾性部
- 4, 54 固定電極
- 5, 55 固定接点
- 6, 21, 56 絶縁層
- 10, 10A, 10B, 30, 40, 60 可動構造部
- 11, 41, 61 両持ち梁接続部
- 12, 32, 42, 62 可動電極支持部
- 13, 33, 43, 63 可動接点支持部
- 14, 34, 44, 45, 64 弾性連絡部
- 20, 70 可動電極
- 22, 72 可動接点
- 51 単結晶Si板
- 81 犠性層

【図1】

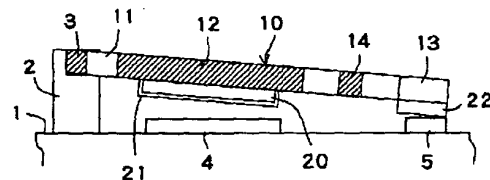


3:ねじれ弾性部、13:可動接点支持部

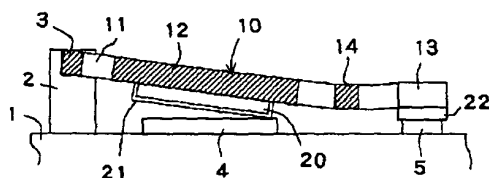
【図2】



【図3】

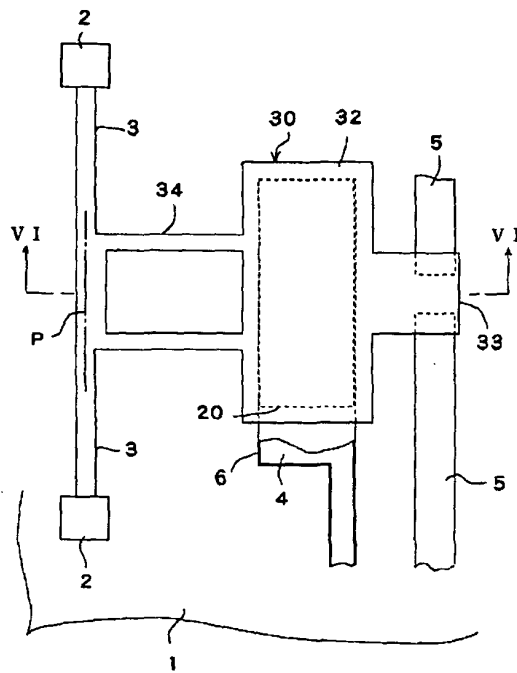


【図4】

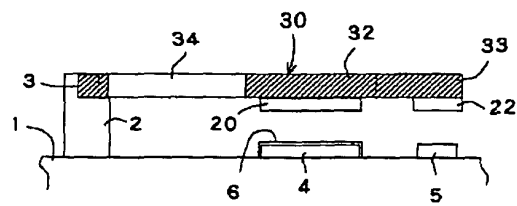




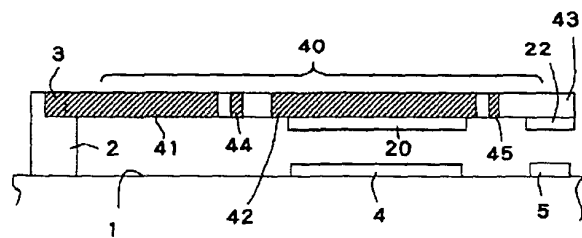
【図5】



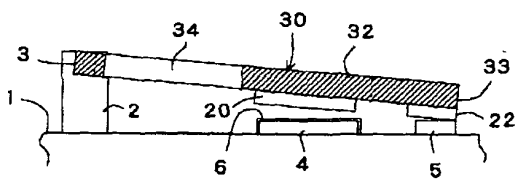
【図6】



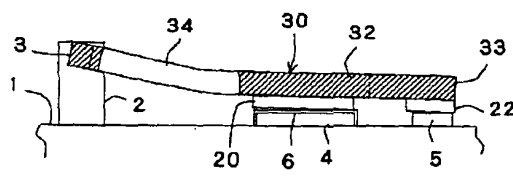
【図10】



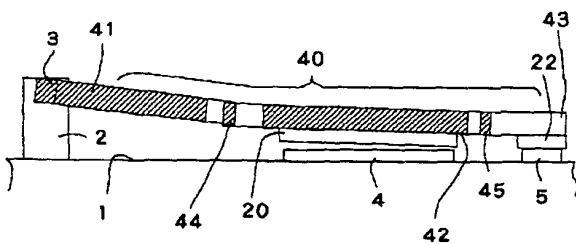
【図7】



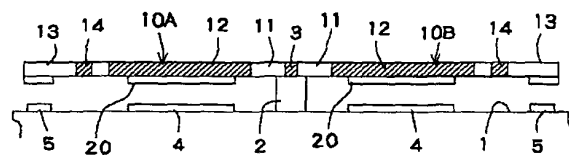
【図8】



【図11】

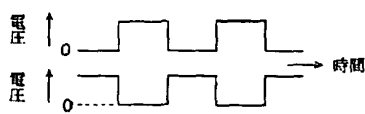


【図13】

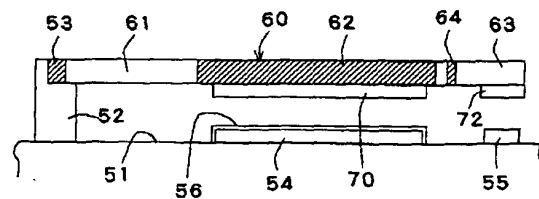
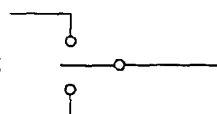


【図17】

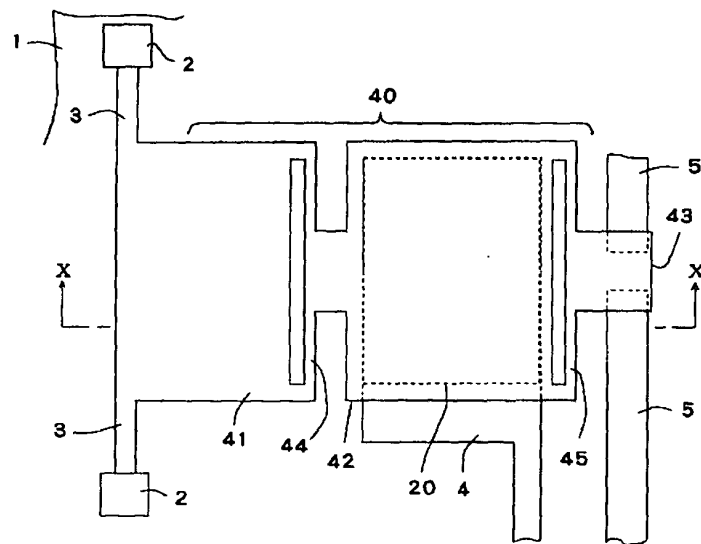
【図14】



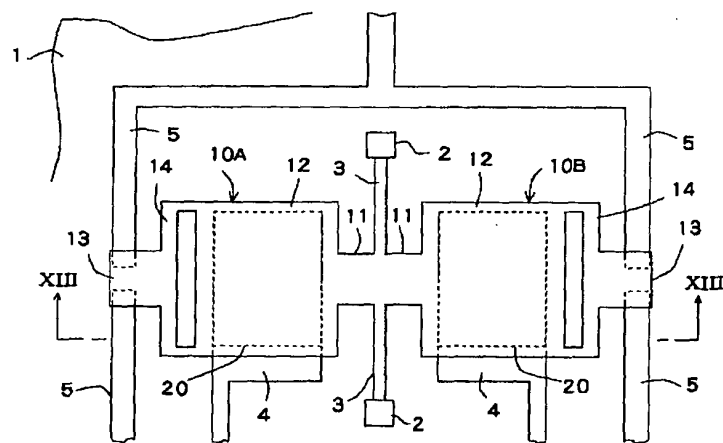
【図15】



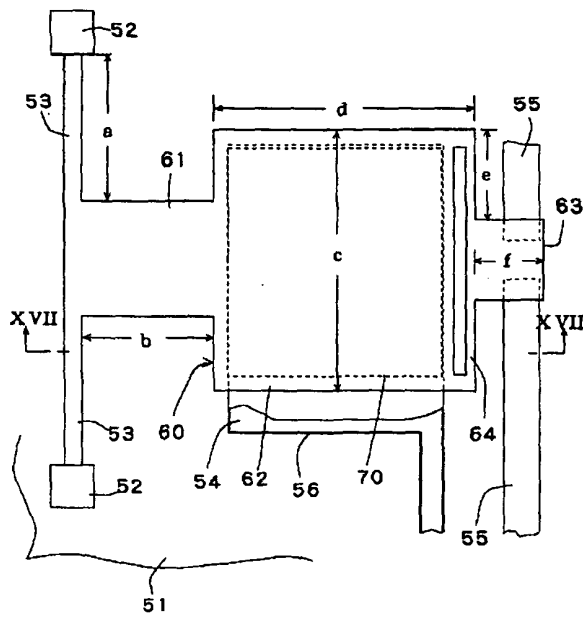
【図9】



【図12】



【図16】



【図18】

